

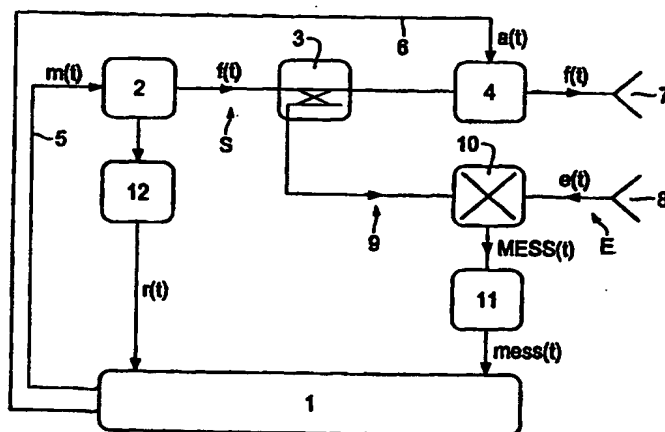
**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>G01S 7/35, 13/58</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 99/39220</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 5. August 1999 (05.08.99)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE99/00216 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 27. Januar 1999 (27.01.99)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 198 03 660.4      30. Januar 1998 (30.01.98)      DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> KUNERT, Martin [DE/DE]; Hans-Herget-Strasse 13, D-93073 Neutraubling (DE). HEIDE, Patric [DE/DE]; Tannenstrasse 23 A, D-85579 Neubiberg (DE).  <b>(74) Gemeinsamer Vertreter:</b> SIEMENS AKTIENGE- SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

**(54) Title:** RADAR SENSOR DEVICE

**(54) Bezeichnung:** RADAR-SENSORVORRICHTUNG



**(57) Abstract**

The invention relates to a radar sensor device for measuring the distance and/or the velocity of an object relative to the sensor device. The inventive device is provided with an oscillator (2) whose frequencies can be staggered by means of a modulation function ( $m(t)$ ). The device is also provided with a circuit-breaker (4) which is provided for varying the transmitter power and which can be controlled by a power control function ( $a(t)$ ). The sensor device is alternatively operated in at least two different superimposed operating modes which are set to different measuring ranges of the sensor device by a variable adjustment of the modulation and power control functions ( $m(t)$ ), ( $a(t)$ ).

### (57) Zusammenfassung

Eine Radar-Sensorvorrichtung zur Erfassung des Abstandes und/oder der Geschwindigkeit eines Objektes relativ zur Sensorvorrichtung ist mit einem mittels einer Modulationsfunktion (m(t)) frequenzverstimmbaren Oszillator (2) und einem durch eine Leistungssteuerfunktion (a(t)) ansteuerbaren Leistungsschalter (4) zur Variation der Sendeleistung versehen. Die Sensorvorrichtung ist durch eine variable Einstellung der Modulations- und Leistungssteuerfunktion (m(t), a(t)), alternierend in mindestens zwei unterschiedlichen, sich überlagernden Betriebsarten zu betreiben, die auf unterschiedliche Meßbereiche der Sensorvorrichtung abgestimmt sind.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauritanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

## Beschreibung

### Radar-Sensorvorrichtung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Radar-Sensorvorrichtung zur Erfassung des Abstandes und/oder der Geschwindigkeit eines Objektes relativ zur Sensorvorrichtung.

10 Zum Hintergrund der Erfindung ist festzuhalten, daß die Radartechnik für den Einsatz in Kraftfahrzeugen und in der Industrie für eine berührungslose Erfassung von Objektdaten, wie Entfernung, Geschwindigkeit, Beschaffenheit oder Anwesenheit besonders geeignet ist. Die Funktionalität, Meßgenauigkeit und Gestehungskosten von Radarsensoren hängen dabei we-

15 sentlich vom angewandten Modulationsverfahren und der zugehörigen Radar-Signalverarbeitung ab. Die entsprechenden Randbedingungen bestimmen die Auslegung der Komponenten einer Radar-Sensorvorrichtung und damit beispielsweise die Aufwendigkeit oder Einfachheit der dabei eingesetzten Elektronik.

20

Zum Stand der Technik ist festzuhalten, daß die berührungslose Abstands- und Geschwindigkeitsmessung mit Radar seit vielen Jahren vornehmlich in der Militärtechnik praktiziert wird. Zur Abstandsmessung sind in diesem Zusammenhang zwei

25 unterschiedliche Standard-Modulationsverfahren bekannt, nämlich die Pulsmodulation und die Frequenzmodulation.

Beim Pulslaufzeitverfahren wird ein kurzer Radarpuls in Richtung Meßobjekt ausgesendet und nach einer bestimmten Laufzeit

30 als von einem Objekt reflektierter Puls wieder empfangen. Die Laufzeit des Radarpulses ist direkt proportional zu dem Abstand zum Meßobjekt.

Beim Frequenzverfahren wird ein frequenzmoduliertes Radarsignal ausgesendet, das phasen- bzw. frequenzverschoben empfangen wird. Die gemessene Phasen- bzw. Frequenzdifferenz, die

35 typischerweise im KHz-Bereich liegt, ist proportional zum Ob-

jektabstand. Voraussetzung hierfür ist eine zeitlich lineare Frequenzmodulation.

5 Theoretisch sind die durch das Pulslaufzeit-Verfahren einerseits und das Frequenzverfahren andererseits erhaltenen Meßwerte gleichwertig. In der Praxis besitzen die Verfahren jedoch spezifische Vor- und Nachteile bezüglich der für die Praxis relevanten Parameter für die Sensor-Meßgenauigkeit bzw. die erreichbare Strukturauflösung. Bei diesen Parametern  
10 handelt es sich in erster Linie um die Modulationsbandbreite und die Radar-Sende-/Empfangsleistung. Für diese Parameter, die die Strukturauflösung und Reichweite bestimmen, existieren funktechnische Zulassungsvorschriften sowie technisch und wirtschaftlich relevante Randbedingungen, insbesondere hinsichtlich der Funktion und des Schaltungsaufwandes. Als Beispiel sind in diesem Zusammenhang die für die Nahbereichsüberwachung mit Hilfe von Radar-Sensoren verwendbaren Frequenzbereiche von 24,0 bis 24,25, 61,0 bis 61,5 und 76,0 bis 77,0 GHz zu nennen, auf die sich auch die im folgenden  
15 erwähnten Radarparameter beziehen.  
20

Für den Anwendungsfall der Abstands- und Geschwindigkeitsmessungen von Objekten im Umfeld eines Kraftfahrzeuges wird eine physikalische Strukturauflösung von  $< 15$  cm für einen Meßbereich von 0 bis 5 Metern gefordert (Nahbereich).  
25 Dafür ist eine Modulations-Bandbreite von  $> 1$  GHz erforderlich. Bei einem entsprechenden Pulsverfahren ist eine Pulsdauer von  $< 1$  ns notwendig. Die Erzeugung der vorstehenden Radar-Signale mit einer Dauer von einigen 100 ps, einer Bandbreite  
30  $> 1$  GHz und einer Radar-Mittenfrequenz bei z.B. 24 oder 77 GHz verursacht einen nicht unerheblichen technischen Aufwand.

Bekannte Radar-Sensorvorrichtungen für industrielle Anwendungen - z. B. ein Füllstands-Radar - und verkehrstechnische Anwendungen - z. B. ein Kraftfahrzeug-Abstand-Radar - verwenden  
35 aus Kostengründen vornehmlich frequenzmodulierte Verfahren,

da dabei eine flexible und sehr präzise digitale Signalverarbeitung möglich ist. Ferner wird selbst für Objekte mit geringer Reflektivität eine hohe Reichweite bis ca. 100 m erzielt.

5

Aus der US 5,325,097 A ist ein Radarsysteme für Straßenfahrzeuge bekannt, das zwischen gefährlichen und nicht-gefährlichen Zielobjekten innerhalb einer vorbestimmten Zone unterscheidet. Dieses System verwendet ein Paar von frequenzmodulierten Dauerstrich-Radarzyklen und einen einzelnen Dauerstrich-Zyklus bei der Erzeugung von Radarsignalen zum Messen des Zielbereiches und der scheinbaren Zielgeschwindigkeit. Gemessene Werte aus den FM-CW- und CW-Zyklen werden mit vorbestimmten Werten zur Unterscheidung zwischen gefährlichen und nicht-gefährlichen Zielobjekten herangezogen. Bezüglich seines Aufbaus weist das aus der US 5,325,097 A bekannte System einen mittels einer Modulationsfunktion elektronisch ansteuerbaren, frequenzverstimmbaren Oszillator zur Erzeugung eines Sendesignals, eine Sendeantenne zur Aussendung des Sendesignals, eine Empfangsantenne zur Aufnahme des vom Ziel reflektierten Radarempfangssignales, eine Demodulationseinheit zur Bildung eines demodulierten Empfangsmeßsignals und eine Steuereinheit in Form eines digitalen Prozessors auf, die zur Steuerung der Sensoreinrichtung und vor allem des Modulators und zur Auswertung des Empfangssignals dient.

Aus der DE 38 30 992 C2 ist ein Radar-Höhenmesser bekannt, der nach dem FM-CW-Prinzip aufgebaut ist. Der Sendezweig des dabei verwendeten Radargerätes ist in der Leistung durch ein Leistungverstärker vorgeschaltetes, variables Dämpfungsglied regulierbar, und zwar in Abhängigkeit der Höhe und insbesondere Flughöhe des mit dem Radar-Höhenmesser ausgerüsteten Flugzeuges. Offensichtlich soll das Radargerät immer mit einer möglichst geringen Radarenergie betrieben werden, um die Drehtierbarkeit durch Fremdsensoren so gering wie möglich zu halten, was insbesondere bei militärischen Anwendungen von Bedeutung ist.

Trotz ihrer praktischen Anwendbarkeit sind die bekannten und oben erörterten Radar- Sensorvorrichtungen auf der Basis eines Puls- oder Frequenzverfahrens für die im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung interessierenden Detektionsaufgaben im Nahbereich aus verschiedenen Gründen ungeeignet. Bei dieser Anwendung ergeben sich nämlich stark unterschiedliche Meßanforderungen, wie nahe und ferne Ziele, geringe und hohe Objektgeschwindigkeiten und verschiedene Objektreflektivitäten. Diese Meßanforderungen müssen gleichzeitig erfüllt werden.

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Radar-Sensorvorrichtung anzugeben, die bei vertretbarem Schaltungsaufwand eine hohe Flexibilität und insbesondere gute Anwendbarkeit im Nahbereich zeigt.

Diese Aufgabe wird durch eine Radar-Sensorvorrichtung mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Demnach kommt bei der erfindungsgemäßen Radar-Sensorvorrichtung, die durch eine von einer Steuereinheit vorgenommene variable Einstellung einer Modulations- und Leistungssteuerfunktion alternierend in mindestens zwei unterschiedlichen, sich überlagernden Betriebsarten zu betreiben ist, ein kombiniertes und flexibles Modulationsverfahren zur Anwendung. Dabei wird mit der genannten Modulationsfunktion ein elektronisch ansteuerbarer, frequenzverstimmbarer Oszillator zur Erzeugung eines Sendesignals für eine Sendeantenne angesteuert. Die Leistungssteuerfunktion steuert einen Leistungsschalter, der zwischen Oszillator und Sensorantenne zur Variation der Sendeleistung gesetzt ist. Das von der Empfangsantenne erzeugte Radar-Empfangssignal wird zusammen mit dem Sendesignal in einer Demodulationseinheit zur Bildung eines demodulierten Empfangsmeßsignales kombiniert. Letzteres kann von der eingangs genannten Steuereinheit ausgewertet werden. Letztere dient gleichzeitig zur Steuerung der gesamten Sensorvorrichtung, wobei die Frequenz und Phase des Oszillators durch eine die-

sem zugeordnete Referenzeinheit von der Steuereinheit überwacht werden kann.

Durch diese Grundausslegung der Radar-Sensorvorrichtung können die Radarparameter „Bandbreite“ und „Leistung“ mittels der Steuereinheit in den beiden sich überlagernden Betriebsarten durch entsprechende Ansteuerung des Leistungsschalters und des Oszillators adaptiv eingestellt werden. Für die Abstandsmessung im Nahbereich wird mit einer frequenzmodulierten Betriebsart mit verminderter Sendeleistung, dafür aber höherer Bandbreite gearbeitet, der für die Geschwindigkeitsmessung sowohl im Nah- als auch Fernbereich eine Betriebsart mit Festfrequenzbetrieb und normaler Ausgangsleistung überlagert ist. Dabei ist zu ergänzen, daß durch die variable Ansteuerbarkeit des Leistungsschalters die Sendeleistung der Sensorvorrichtung entsprechend der aktuell gegebenen Reflektivität der erfaßten Objekte variiert werden kann. Dadurch wird eine Übersteuerung der Empfangselemente vermieden. Der Dynamikbereich der Sensorvorrichtung kann also situationsbezogen optimal adaptiv eingestellt werden.

Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung sind im übrigen in den Unteransprüchen angegeben.

Im folgenden wird die Erfindung in verschiedenen Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Radar-Sensorvorrichtung in einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2 ein Kurvendiagramm zur Darstellung der frequenzabhängigen Sendeleistung im sogenannten „Dual-Mode-Betrieb“,

Fig. 3 zwei synchron übereinandergelegte Kurvendiagramme zur Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Modulations-

und Leistungssteuerfunktion,

Fig. 4 zwei Kurvendiagramme analog Fig. 3 mit einer einen Taktbetrieb erzeugenden Leistungssteuerfunktion und

5

Fig. 5 ein Blockschaltbild einer Radar-Sensorvorrichtung in einer zweiten Ausführungsform.

Die in Fig. 1 gezeigte Radar-Sensorvorrichtung weist eine zentrale Steuereinheit 1 zur Steuerung der gesamten Elektronik der Sensorvorrichtung und zur Meßwert-Auswertung auf. Diese Steuereinheit 1 wird in grundsätzlich bekannter Weise mit einem Mikroprozessor betrieben, der die üblichen, internen Komponenten und Schnittstellen aufweist. Durch eine entsprechende Steuersoftware werden die Funktionen der Steuereinheit 1 implementiert.

Im Sendezweig S ist ein elektronisch frequenzverstimmbarer 24-GHz-Oszillator 2 vorgesehen, der ein frequenzmodulierbares Sendesignal  $f(t)$  erzeugt. Dem Oszillator 2 ist ein Leistungsteiler 3 nachgeschaltet, der einen Teil des Sendesignals  $f(t)$  zum Empfangszweig E der Sensorvorrichtung abzweigt. Der im Sendezweig S durchgehende Teil des Sendesignal  $f(t)$  gelangt zu dem Leistungsschalter 4, der als schaltbarer HF-Verstärker oder im einfachsten Fall als HF-Transistor ausgelegt sein kann.

Der Oszillator 2 und der Leistungsschalter 4 stehen über entsprechende Verbindungsleitungen 5, 6 mit der Steuereinheit 1 in Verbindung. Über die Verbindungsleitung 5 wird eine Modulationsfunktion  $m(t)$ , die von der Steuereinheit 1 erzeugt wird, dem Oszillator 2 zugeführt. Desgleichen wird über die Verbindungsleitung 6 dem Leistungsschalter 4 von der Steuereinheit 1 eine Steuerfunktion  $a(t)$  übermittelt. Durch die Modulationsfunktion  $m(t)$  wird die Frequenz des vom Oszillator 2 abgegebenen Sendesignals  $f(t)$  gesteuert, während durch die



Steuerfunktion  $a(t)$  die von der Sensorvorrichtung über eine Sendeantenne 7 abgestrahlte Leistung eingestellt wird.

Der Empfangszweig E weist eine Empfangsantenne 8 zur Aufnahme  
5 eines von einem zu erfassenden Objekt reflektierten Radar-Empfangssignals  $e(t)$  auf. Dieser Empfangsantenne 8 ist eine Demodulationseinheit 9 zugeordnet, die bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel durch den Leistungsteiler 3 und  
10 den zwischen Leistungsteiler 3 und Empfangsantenne 8 gesetzten Empfangsmischer 10 gebildet ist. Der Empfangsmischer 10 bildet aus dem Empfangssignal  $e(t)$  und dem Sendesignal  $f(t)$  ein demoduliertes Meßsignal  $MESS(t)$ , das über eine Abtast- und Speichereinheit 11 (= „Sample-and-hold“-Einheit) dem Auswerteteil der Steuereinheit 1 zugeführt wird. Die Abtast- und  
15 Speichereinheit 11 bildet dabei aus dem getakteten Meßsignal  $MESS(t)$  ein kontinuierliches Meßsignal  $mess(t)$ . Die Abtast- und Speichereinheit 11 kann im übrigen Bestandteil der Steuereinheit 1 selbst sein.

20 Schließlich ist in der Sensorvorrichtung noch eine Referenzeinheit 12 vorgesehen, die dem Oszillator 2 zugeordnet ist und die Aufgabe besitzt, ein Referenzsignal  $r(t)$  zu erzeugen, mit dessen Hilfe die Frequenz und Phase des Oszillators 2 von der Steuereinheit 1 überwachbar ist.

25

Die vorstehend erörterte Radar-Sensorvorrichtung kann aufgrund ihres Aufbaues in typischer Weise in einem sogenannten „Dual-Mode-Betrieb“ gefahren werden, d.h. daß der Radarsensor  
wechselnd in mindestens zwei Betriebsarten (= „Dual-Mode“) betrieben wird. In alternierend getakteter Abfolge wird ein  
30 monofrequentes Trägersignal (CW-Betriebsart) und ein frequenzmoduliertes Signal (FM-Betriebsart) ausgesendet. In der CW-Betriebsart wird per Doppler-Effekt die Geschwindigkeit vorzugsweise schnell bewegter, ferner Objekte mit möglichst  
35 hoher Geschwindigkeitsauflösung und Reichweite gemessen, wohingegen in der FM-Betriebsart der Abstand zu nahen Objekten mit möglichst hoher Abstandsauflösung gemessen werden soll.

Diese sich in beiden Betriebsarten ergebenden Meßsignale werden spektral ausgewertet, was z.B. durch Fouriertransformation, aber auch alternative Spektralanalysemethoden, wie beispielsweise autoregressive Verfahren vorgenommen wird. Dabei werden die Radarparameter „Bandbreite“ und „Leistung“ wie erwähnt durch die Steuereinheit 1 in der jeweiligen Betriebsart durch entsprechende Ansteuerung der Leistungsschalters 4 und des Oszillators 2 adaptiv eingestellt. Dadurch ergibt sich im Dual-Mode-Betrieb typischerweise das in Fig. 2 dargestellte Frequenzspektrum: In der FM-Betriebsart wird mit hoher Bandbreite  $B$  um die Mittenfrequenz  $f_0$  und mit niedrigem Leistungspegel  $P_{LOW}$  gearbeitet. Durch diese Wahl der Radarparameter wird im Nahbereich die Priorität auf eine hohe Auflösung bei der Distanzmessung gelegt.

In der CW-Betriebsart wird nur eine geringe Bandbreite um die Mittenfrequenz  $f_0$  belegt, jedoch mit einem hohen Leistungspegel  $P_{HIGH}$  gearbeitet. Dadurch wird eine hohe Reichweite und Geschwindigkeitsauflösung der Sensorvorrichtung erreicht.

Das vorstehend beschriebene Frequenzspektrum im Dual-Mode-Betrieb wird durch eine entsprechende Ansteuerung von Oszillator 2 und Leistungsschalter 4 mit Hilfe der von der Steuereinheit 1 abgegebenen Modulationsfunktion  $m(t)$  und der Steuerungsfunktion  $a(t)$  erreicht. Dies ist in Fig. 3 näher dargestellt. In den beiden synchron übereinandergelegten Zeitdiagrammen ist im oberen Diagramm die Modulationsfunktion  $m(t)$  bzw. das sich daraus ergebende Sendesignal  $f(t)$  im Frequenzverhalten dargestellt. Das untere Diagramm zeigt die Steuerungsfunktion  $a(t)$  bzw. die damit über den Leistungsschalter 4 gesteuerte Radarleistung  $P_{HF}$ .

Wie aus dem Diagramm erkennbar ist, ist in der CW-Betriebsart die Modulationsfunktion  $m(t)$  konstant, was eine konstante Radarfrequenz  $f_0$  ergibt. Die Steuerungsfunktion  $a(t)$  schaltet zwischen den beiden Radarleistungspegeln  $P_{LOW}$  und  $P_{HIGH}$  um, wobei

in der CW-Betriebsart der Leistungspegel  $P_{\text{HIGH}}$  vorzugsweise konstant eingestellt ist.

5 Zum Zeitpunkt  $t_1$  erfolgt das Umschalten in die FM-Betriebsart, bei der die Modulationsfunktion  $m(t)$  in Form einer ansteigenden und abfallenden Rampe verläuft, so daß die Frequenz des Sendesignal  $f(t)$  zwischen der unteren Grenzfrequenz  $f_{\text{LOW}}$  und der oberen Grenzfrequenz  $f_{\text{HIGH}}$  hin- und herläuft. Aus dem unteren Teil der Fig. 3 ist erkennbar, daß aufgrund der  
10 Steuerfunktion  $a(t)$  der Radarleistungspegel  $P_{\text{HF}}$  von hohem Niveau  $P_{\text{HIGH}}$  auf niedriges Niveau  $P_{\text{LOW}}$  umgeschaltet wird.

Zum Zeitpunkt  $t_2$  wird wieder in den CW-Betrieb umgeschaltet.

15 In Fig. 3 ist die Modulationsfunktion  $m(t)$  im FM-Betrieb als linear ansteigende und abfallende Rampe gezeigt. Die üblicherweise nicht lineare Frequenz-Spannungs-Kennlinie des Oszillators 2 kann in der Praxis durch eine Vorverzerrung der Modulationsfunktion  $m(t)$  berücksichtigt werden. Dies kann  
20 durch eine Softwarekorrektur im Steuerprogramm der Steuereinheit 1 oder durch einen analogen/digitalen Regelkreis erfolgen.

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß die Steuerfunktion  $a(t)$  bei Auslegung des Leistungsschalters 4 als HF-  
25 Transistor durch ein Ein- und Ausschalten der Betriebsspannung des Transistors implementiert werden kann. Die Verwendung eines HF-Transistors hat zudem den Vorteil, daß eine Durchlässigkeit des Leistungsschalters 4 in Rückwärtsrichtung, also von der Sendeantenne 7 zum Leistungsteiler 3, in  
30 beiden Schaltzuständen nicht gegeben ist, wodurch sich die Isolation von Sende-  $f(t)$  und Empfangssignal  $e(t)$  erhöhen läßt.

35 Die Schaltrate zwischen CW- und FM-Betriebsart wird situationsbezogen variiert und liegt anwendungsspezifisch im Hz bis kHz-Bereich.

Eine alternative Auslegung der Steuerfunktion  $a(t)$  ist in den Diagrammen gemäß Fig. 4 dargestellt. Die Zeitachse ist dabei gegenüber der Darstellung in Fig. 3 erheblich gedehnt. So entspricht die von Fig. 4 abgedeckte Zeitdauer dem mit IV in Fig. 3 bezeichneten, oval umgrenzten Bereich. Wie nun aus dem unteren Diagramm in Fig. 4 erkennbar ist, wird der Leistungsschalter 4 mit einem schnellen Taktsignal  $a_{\text{Takt}}(t)$  angesteuert, über dessen Tastverhältnis sich die mittlere Radarleistung einstellen läßt. Ähnlich einem Impulsradar werden also kurze Meßpulse ausgesendet. Je kürzer die Meßpulse sind, desto geringer ist die ausgesendete mittlere Radarleistung und desto geringer die Sensorreichweite. Auf der Empfangsseite ergibt sich ein getaktetes Meßsignal  $\text{MESS}(t)$ . Durch den Vergleich mit der Modulationsfunktion  $m(t)$  folgt, daß die ausgesendete Radarfrequenz verglichen zur Taktrate sich langsam verändert, wodurch praktisch für jede Radarfrequenz mehrere Meßpulse ausgesendet und die entsprechenden Empfangssignale ausgewertet werden können.

Ein wesentlicher Unterschied zum konventionellen Pulsradar besteht jedoch darin, daß die Pulsdauer deutlich höher als die Laufzeit der Radarmeßpulse ist. Da die Strukturauflösung bei der Distanzmessung jedoch nicht durch die Pulsdauer bestimmt wird, sondern durch die Frequenzmodulationsbandbreite, ist es nicht erforderlich, besonders kurze Pulse zu erzeugen. Dadurch werden die technischen Anforderungen und die Kosten für die Radar-Sensorvorrichtung reduziert.

In Fig. 5 ist eine zweite Ausführungsform der Radar-Sensorvorrichtung dargestellt, bei der statt getrennter Sensor- und Empfangsantennen eine kombinierte Sende-/Empfangsantenne 13 verwendet wird. Bei einer solchen monostatischen Anordnung wird als Demodulationseinheit 9 ein bidirektionaler Mischer 14 zwischen Oszillator 2 und Leistungsschalter 4 eingesetzt. Bei dem bidirektionalen Mischer 14 kann es sich beispielsweise um eine Schottky-Diode handeln. Dieser bidirektionale Mi-

- 5 scher 14 überträgt einen Teil des Sendesignals  $f(t)$  zum Leistungsschalter 4 und weiter zur Antenne 13 und bildet aus dem reflektierten Radarempfangssignal  $e(t)$  und dem Sendesignal  $f(t)$  ein demoduliertes Meßsignal  $MESS(t)$ . Der Leistungsschalter 4 wird wiederum durch die Steuerfunktion  $a(t)$  gesteuert und ist ein Element, das in einem ersten Schaltzustand bidirektional durchlässig ist, in einem zweiten Schaltzustand jedoch bidirektional sperrt.
- 10 Die weiteren Bauteile der Sensorvorrichtung gemäß Fig. 5 stimmen mit denen gemäß Fig. 1 überein und sind mit identischen Bezugszeichen versehen. Insoweit kann auf die Beschreibung der Fig. 1 verwiesen werden.

## Patentansprüche

## 1. Radar-Sensorvorrichtung zur Erfassung des Abstandes

5 und/oder der Geschwindigkeit eines Objektes relativ zur Sensorvorrichtung mit

- einem mittels einer Modulationsfunktion ( $m(t)$ ) elektronisch ansteuerbaren, frequenzverstimmbaren Oszillator (2) zur Erzeugung eines Sendesignals ( $f(t)$ ),
- 10 - einer Sendeantenne (7, 13) zur Aussendung eines Radarsignals auf der Basis des Sendesignals ( $f(t)$ )
- einem zwischen Oszillator (2) und der Sendeantenne (7, 13) gesetzten, durch eine Leistungssteuerfunktion ( $a(t)$ ) ansteuerbaren Leistungsschalter (4) zur Variation der Sendeleistung ( $P_{HF}$ ) der Sendeantenne (7, 13),
- 15 - einer Empfangsantenne (8, 13) zur Aufnahme des vom zu erfassenden Objekt reflektierten Radarempfangssignals ( $e(t)$ ),
- einer Demodulationseinheit (9) zur Bildung eines demodulierten Empfangsmeßsignals ( $MESS(t)$ ) aus dem Sendesignal ( $f(t)$ ) und dem Radarempfangssignal ( $e(t)$ ),
- 20 - einer dem Oszillator (2) zugeordneten Referenzeinheit (12) zur Erzeugung eines Referenzsignals ( $r(t)$ ) zur Überwachung der Frequenz und Phase des Oszillators (2), und
- 25 - einer Steuereinheit (1) zur Steuerung der Sensorvorrichtung und zur Auswertung des Empfangsmeßsignals ( $MESS(t)$ ), wobei die Sensorvorrichtung durch eine von der Steuereinheit (1) vorgenommene variable Einstellung der Modulations- und Leistungssteuerfunktion ( $m(t)$ ,  $a(t)$ ) alternierend in mindestens zwei unterschiedlichen, sich überlagernden Betriebsarten (CW, FM) zu betreiben ist, die auf unterschiedliche Meßbereiche der Steuervorrichtung abgestimmt sind.
- 30

## 35 2. Radar-Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h

g e k e n n z e i c h n e t, daß in alternierend getakter Abfolge in einer CW-Betriebsart ein monofrequentes Sen-

designal (f) und in einer FM-Betriebsart ein frequenzmoduliertes Sendesignal (f(t)) erzeugbar sind.

3. Radar-Sensorvorrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h  
5 g e k e n n z e i c h n e t, daß durch adaptive Ansteuerung des Oszillators (2) und des Leistungsschalters (4) über eine entsprechende Einstellung der Modulations- und Leistungssteuerfunktion (m(t), a(t)) durch die Steuereinheit (1)
- 10 - zur Abstandserfassung von Objekten in einem Nahbereich im FM-Betrieb mit reduzierter Sendeleistung ( $P_{LOW}$ ) bei erhöhter Bandbreite (B) der Modulationsfrequenz (f(t)) gear-  
beitet wird, und
- 15 - zur Geschwindigkeitserfassung von Objekten zumindest in einem Fernbereich im CW-Betrieb mit nicht reduzierter Sendeleistung ( $P_{HIGH}$ ) bei einer festen Frequenz (f) gear-  
beitet wird.
4. Radar-Sensorvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, d a  
20 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Modulationsfunktion (m(t)) im FM-Betrieb rampenförmig und im CW-Betrieb konstant ausgelegt ist.
5. Radar-Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Leistungssteuerfunktion (a(t)) als zwischen zwei Radar-Leistungspegeln ( $P_{LOW}$ ,  $P_{HIGH}$ ) hin und her schaltende Amplitudenschaltfunktion (a(t)) ausgelegt ist.
- 30 6. Radar-Sensorvorrichtung nach Anspruch 5, g e k e n n-  
z e i c h n e t durch eine Amplitudenschaltfunktion (a(t)).

mit einer gegenüber der Modulationsrate der Modulationsfunktion ( $m(t)$ ) schnelleren Taktrate.

7. Radar-Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei getrennter Sende- und Empfangsantenne (7, 8) die Demodulationseinheit (9) gebildet ist durch

- einen Leistungsteiler (3) im Sendezweig (S) zur Abtrennung eines Teils des Sendesignals ( $f(t)$ ) und

- einen der Empfangsantenne (8) zugeordneten Empfangsmischer (10), dem zur Bildung des demodulierten Empfangssignals ( $MESS(t)$ ) zum einen der abgetrennte Teil des Sendesignals ( $f(t)$ ) und zum anderen das Empfangssignal ( $e(t)$ ) von der Empfangsantenne (8) zuführbar ist.

8. Radar-Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei kombinierter Sende-/Empfangsantenne (13) die Demodulationseinheit (9) durch einen bidirektionalen Mischer (14) im Sendezweig (S) gebildet ist.

9. Radar-Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Leistungsschalter (4) von einem schaltbaren Hochfrequenz-Verstärker, insbesondere einem Hochfrequenz-Transistor gebildet ist.

10. Radar-Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Demodulationseinheit (9) eine Abtast- und Speichereinheit (11) nachgeschaltet ist, die vorzugsweise in einem zeitsynchronen Verhältnis zur getakteten Leistungsschaltfunktion ( $a(t)$ ) betrieben wird.



1/3

FIG 1

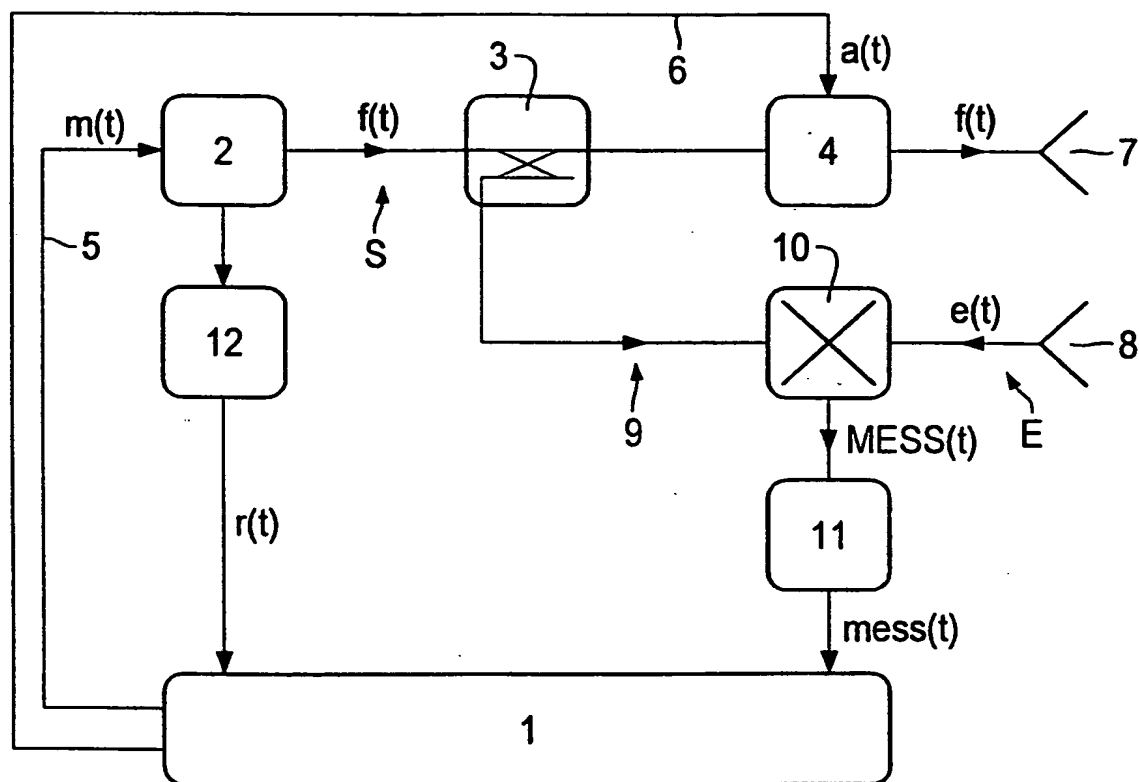
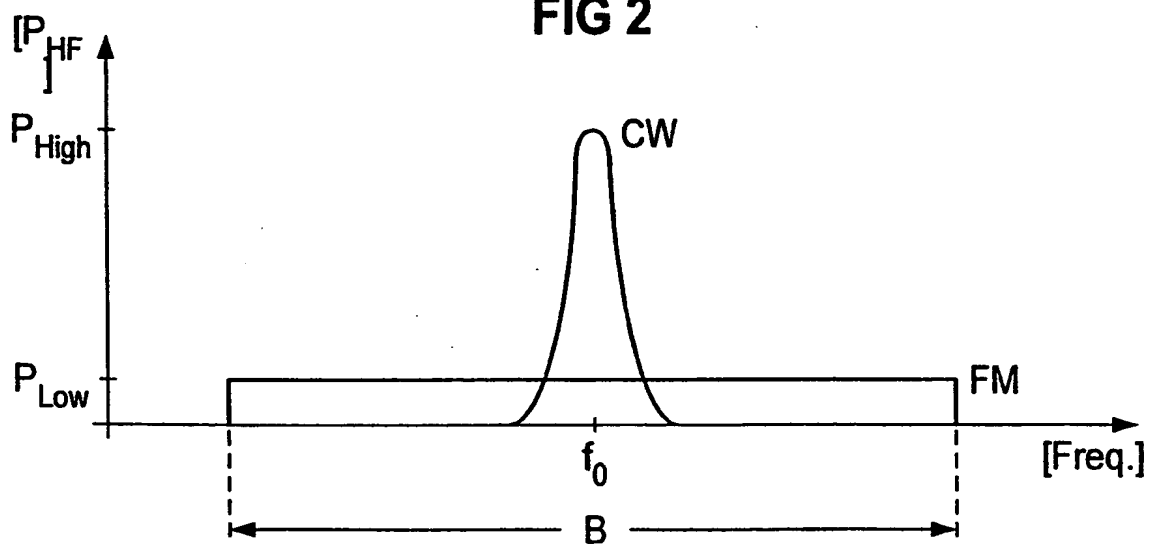


FIG 2



2/3

FIG 3

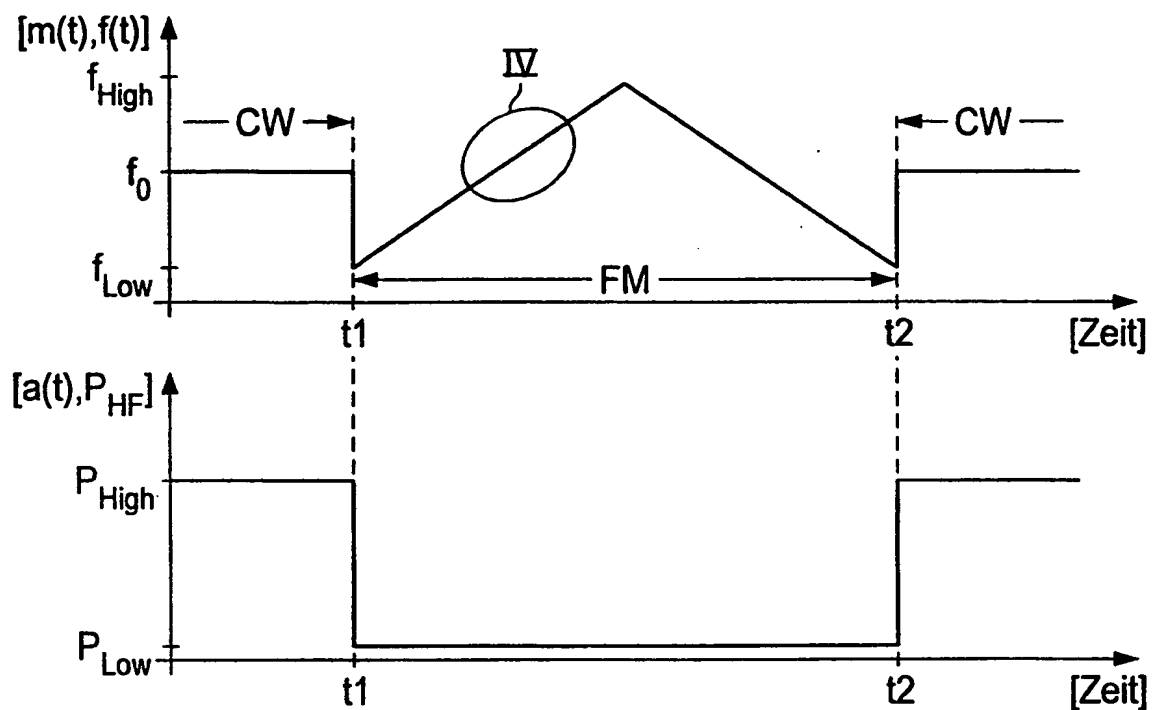
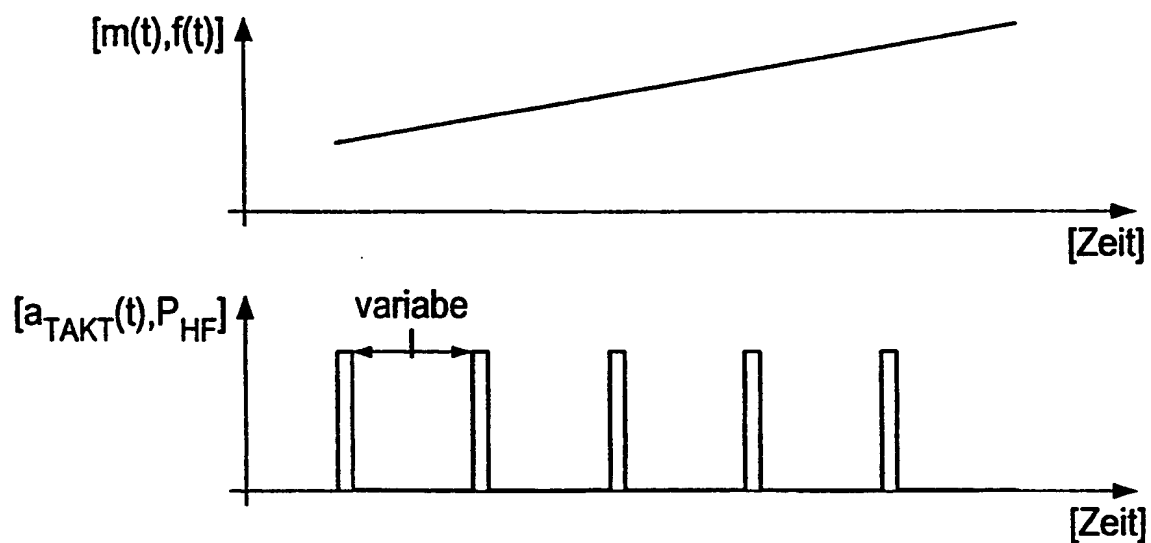
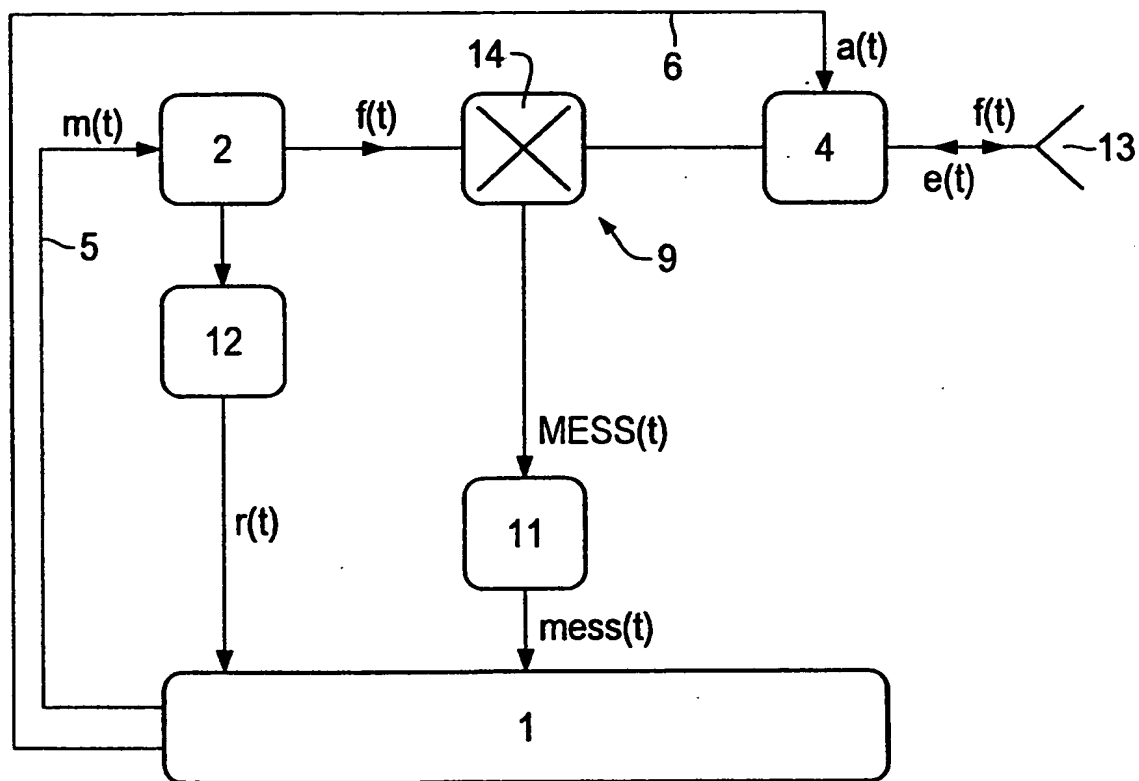


FIG 4



3/3

FIG 5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No

PCT/DE 99/00216

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G01S7/35 G01S13/58

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 287 111 A (SHPATER PINHAS) 15 February 1994 see abstract; figure 2 ---	1
A	FR 2 751 421 A (MARCONI GEC LTD) 23 January 1998 see the whole document ---	1
A	DE 195 38 309 A (VOLKSWAGENWERK AG) 17 April 1997 see the whole document ---	1-4
A	EP 0 758 093 A (SIEMENS AG) 12 February 1997 see abstract -----	6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 June 1999

Date of mailing of the international search report

07/07/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zaccà, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. l. Application No

PCT/DE 99/00216

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5287111 A	15-02-1994	CA 2104706 A	25-02-1994
FR 2751421 A	23-01-1998	GB 2315941 A	11-02-1998
DE 19538309 A	17-04-1997	FR 2739940 A	18-04-1997
		GB 2306262 A	30-04-1997
		US 5757308 A	26-05-1998
EP 0758093 A	12-02-1997	DE 19529173 C	09-01-1997
		US 5748141 A	05-05-1998

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Nationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00216

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 G01S7/35 G01S13/58

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 287 111 A (SHPATER PINHAS) 15. Februar 1994 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 ---	1
A	FR 2 751 421 A (MARCONI GEC LTD) 23. Januar 1998 siehe das ganze Dokument ---	1
A	DE 195 38 309 A (VOLKSWAGENWERK AG) 17. April 1997 siehe das ganze Dokument ---	1-4
A	EP 0 758 093 A (SIEMENS AG) 12. Februar 1997 siehe Zusammenfassung -----	6

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E": älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Juni 1999

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/07/1999

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zaccà, F

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00216

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5287111	A	15-02-1994	CA	2104706 A	25-02-1994
FR 2751421	A	23-01-1998	GB	2315941 A	11-02-1998
DE 19538309	A	17-04-1997	FR	2739940 A	18-04-1997
			GB	2306262 A	30-04-1997
			US	5757308 A	26-05-1998
EP 0758093	A	12-02-1997	DE	19529173 C	09-01-1997
			US	5748141 A	05-05-1998

This Page Blank (uspto)

Docket # S1-03P03226  
Applic. # Concurrently herewith  
Applicant: NALEZINSKI, ET AL.  
Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101